

مدل سازی اقتصاد زیرزمینی با روش منطق فازی

دکتر علیرضا شکیبایی*

دکتر حسین صادقی**

چکیده

دسترسی به اطلاعات حجم اقتصاد زیرزمینی برای سیاست‌های کلان اقتصادی مهم است. ما در این مقاله از مجموعه و منطق فازی برای ایجاد یک سری زمانی سالانه برای اقتصاد زیرزمینی (غیر قابل مشاهده) در ایران برای دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۴۳ استفاده می‌کنیم. دو متغیر ورودی (نهاده) مورد استفاده، نرخ مؤثر مالیات و شاخص مقررات هستند. نتایج این سری زمانی با تحقیقات دیگر که با مدل MIMIC انجام شده است مقایسه شدند. دو روش، نتایج قابل دفاع، اما متفاوت از تصویر اقتصاد زیرزمینی در ایران دادند. رویکرد منطق فازی برای مسئله اندازه‌گیری تا حدی ذهنی است؛ اما نتایج کاملاً محکم و قابل انتخاب است.

کلیدواژه‌ها

اقتصاد زیرزمینی، نظریه فازی، منطق فازی، نرخ مؤثر مالیاتی، درجه مقررات

* - استادیار رشته اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان.

** - استادیار رشته اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس.

۱- مقدمه

اخیراً در بعد بین‌المللی مسئله اقتصاد زیرزمینی^۱ و پیامدهای آن برای شکاف مالیاتی^۲، اثربخشی برای سیاستهای پولی و مالی، رشد اقتصادی و توزیع درآمد مورد توجه قرار گرفته است. اقتصاد زیرزمینی شامل فعالیتها و مبادلاتی که هر کدام ممکن است قانونی یا غیرقانونی باشند، اما اندازه‌گیری نشده‌اند، می‌باشد؛ زیرا گزارش نمی‌شوند. فقدان گزارش معمولاً به خاطر فرار مالیات (بدهی) است. این گونه فعالیتها، مانند پرداختهای نقدی گزارش نشده، اخاذی، قاچاق، فحشاء و فروش مواد مخدر، به خاطر ماهیت اقتصاد زیرزمینی‌اشان به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند؛ به هر حال، چند روش توسط اقتصاددانان برای به دست آوردن اندازه اقتصاد زیرزمینی در کشورهای مختلف استفاده می‌شود. شواهد قابل دسترس فعلی برای برخی کشورها دلالت بر این دارد که اولاً اقتصاد زیرزمینی در حال رشد است (نه فقط به صورت اسمی و واقعی، بلکه به طور نسبی از تولید ناخالص ثبت شده)، ثانیاً دلایلی وجود دارد که این رشد اقتصاد زیرزمینی با افزایش در بار مالیاتی واقعی همراه است، ثالثاً مدارکی وجود دارد که همانند قبل، بین فعالیت اقتصاد زیرزمینی و مقررات اقتصادی همراهی وجود دارد؛ به هر حال اندازه‌های کمی قابل دسترس اقتصاد زیرزمینی به یک واقعیت مهم اشاره دارد: "اندازه اقتصاد زیرزمینی در همه کشورها با توجه به داده‌هایی که گزارش شده است، در حال رشد است". این پدیده در این حالت نه فقط به صورت مطلق (اسمی)، بلکه به طور نسبی نیز می‌باشد؛ زیرا که مشاهده می‌شود اقتصاد زیرزمینی اندازه‌گیری شده به صورت نسبی از تولید ناخالص داخلی هر کشور می‌باشد؛ برای مثال، اشنایدر^۳ و انست^۴ (۱۹۹۸) شواهد بین‌المللی زیادی برای این مشاهدات ارائه داده‌اند. لذا یک نیاز ضروری و فوری برای بهبود و نو کردن روشهای اندازه‌گیری ابعاد اقتصاد زیرزمینی غیر قابل مشاهده احساس می‌شود. در این مقاله ما این نیاز را با تشریح اینکه چطور ابزار نظریه

1- Underground Economy.

2- Tax - Gap.

3- Schneider.

4- Enste.

مجموعه‌های فازی^۱ و منطق فازی^۲ می‌تواند برای ایجاد یک سری زمانی از اقتصاد زیرزمینی به کار رود، بحث خواهیم کرد. این تصویر محدودیت‌هایی دارد، اما نویدبخش و کاربردی است.

بخش ۲ مروری بر ادبیات و تجربیات اقتصاد زیرزمینی است و بخش ۳ نیز بعضی از پایه‌های اصلی همراه با مجموعه فازی را توضیح می‌دهد که زمینه اصلی روش‌شناسی ما است. جزئیات بیشتر این روش‌شناسی در بخش ۴ آمده است. نتایج اصلی برای ایران در بخش ۵ تشریح شده است. بخش آخر به یک تصویر کلی برای تحقیقات آینده روی این موضوع اشاره دارد.

۲- مروری بر ادبیات و تجربیات اقتصاد زیرزمینی

درباره روش‌های اندازه‌گیری حجم اقتصاد زیرزمینی نوشته‌های زیادی موجود است. بعضی از این روش‌ها به وسیله ارارد^۳ و گیلز^۴ (۱۹۹۷) بحث شده است. این روش‌ها شامل بررسی و مطالعه روی تعلق مالیاتی، استفاده از تفاوت‌های اصلی بین درآمد ملی و هزینه ملی (که با قضاوت‌های ارزشی همراه است)، ملاحظه نوسانات نرخ مشارکت نیروی کار، روش نسبت نقد "کیگان" (۱۹۵۸) و دیگران، روش مبادله پولی "فیگ" (۱۹۷۹) و استفاده از مدل ساختار متغیرهای نامشهود می‌باشد، روش استفاده از نهاده فیزیکی (الکتریسته) یکی دیگر از روش‌های برآورده می‌باشد. بیشتر این روش‌ها دارای نقاط ضعف هستند که به برخی از آنان اشاره می‌شود.

بررسی تعلق مالیاتی، عموماً اندازه اقتصاد زیرزمینی را کمتر از حد برآورده می‌کند؛ زیرا پاسخ‌دهندگان مایل نیستند حدود مشارکت خود را در فعالیت‌های غیرقانونی به طور واقعی آشکار کنند. به علاوه در رابطه با طراحی پرسشنامه‌ها مسائل مهمی وجود دارد که همیشه به دقت مورد توجه قرار نمی‌گیرند. روش‌های قضاوتی و روش‌های حساب‌های ملی، مدل رسمی برای اقتصاد زیرزمینی را طراحی نمی‌کنند؛ بلکه به جای

1. Fuzzy Set

2. Fuzzy Logic

3- Erard

4- Giles

آن، طرف هزینه یا درآمد حسابهای ملی را به تفضیل به بخش‌های تشکیل دهنده تقسیم می‌کنند و با روشهای قضاوتی حداکثر احتمالی درآمدها و هزینه‌های ثبت نشده را تعیین می‌کنند. ضعف‌های این رویکرد عبارتند از: ذهنی بودن آن و پوشش محدود آن؛ به ویژه در این رویکرد فعالیت‌های پنهانی را از بعد تولید ناخالص داخلی و نه از بعد پایه‌های مالیاتی بررسی می‌کنند؛ در نتیجه تخمین اقتصاد زیرزمینی نیز احتمالاً بسیار محافظه‌کارانه است. تورش مشابه‌ای نیز در معیارهای اندازه‌گیری اقتصاد زیرزمینی که بر تغییرات داده‌های نرخ مشارکت نیروی کار وجود دارد، زیرا تعاریف این داده‌ها بسیار محدود است و عوامل اجتماعی، جمعیتی و یا دیگر عوامل اقتصادی نیز این تغییرات را به وجود می‌آورند. ضعف روش نسبت نقدینگی منتسب به کیگان^۱ (۱۹۵۷) مربوط به سه فرض اساسی آن است: ۱- تمامی معاملات گزارش نشده با پول نقد انجام می‌گیرد، ۲- نسبت پول نقد رایج به سپرده‌های دیداری در بخش رسمی اقتصاد، در طول زمان ثابت است، ۳- سرعت گردش پول نقد (سرعت گردش پول در اقتصاد رسمی و اقتصاد غیررسمی) برابر است. فرض دوم بویژه با توجه به معاملات الکترونیکی بانکی مشکل‌زاست. نتایج حاصل از روش نسبت خام نقدینگی مورد تردید است و به تعریف داده‌ها حساس است (بویژه نسبت به تعریف عرضه پول).

روش تانزی^۲ (۱۹۸۳) فرض نسبت ثابت نقدینگی به عرضه پول را کنار می‌گذارد و این نسبت را تابعی از نرخ بهره، درآمد سرانه متغیرهای مختلف مالیاتی و نسبت دستمزدها به درآمد ملی تعریف می‌کند. گرچه در قیاس با روش نسبت خام نقدینگی، این کار یک پیشرفت محسوب می‌شود، اما باز دارای این فرض غیرواقعی است که تمامی معاملات زیرزمینی با پول نقد انجام می‌شود و انگیزه این کار نیز فرار مالیاتی است. بعلاوه بر این پیش فرض استوار است که رابطه با ثباتی بین نسبت پول نقد به عرضه پول و متغیرهای مختلفی که نام بردیم وجود دارد و شکل این تابع نیز شناخته شده است. روش تانزی نیز بر چندین فرض تردیدآمیز مبتنی است و در معرض تورش خطای تصریح است که اغلب به برآورد بیش از حد اندازه اقتصاد زیرزمینی منجر می‌گردد.

1- Gagan.

2- Tanzi.

باتا کاربا^۱ (۱۹۹۰) در مطالعه اقتصاد زیرزمینی بریتانیا رویکرد دیگری از روش نسبت نقدپنگی را به کار می‌گیرد. او یک معادله تقاضای پول نقد جدید برآورد کرده است که در آن تولید رسمی و تولید مخفی را به عنوان متغیرهای توضیحی از یکدیگر مجزا و مشخص کرد و برای تولید پنهان نیز یک متغیر جانشین در نظر گرفته است.

رویکرد او چندین مزیت دارد؛ از جمله اینکه می‌توان با آن نظریات فرار مالیاتی را به درستی آزمون کرد؛ اما این کار مستلزم تقریب یک تابع است و تنها بر یک علامت مستقیم اقتصاد پنهانی، یعنی تقاضا برای پول نقد، متمرکز می‌گردد.

فیگ (۱۹۷۹) در روش معاملاتی خود از بسیاری از مشکلات مربوط به فرضیات قوی رویکردهای فوق اجتناب می‌کند؛ اما عیب آن، نیاز به داده‌های فراوان برای تخمین صحیح نرخ‌های بازده پول نقد و همچنین حذف معاملات مالی از پرداخت‌های ناخالص است. در عمل این امر می‌تواند قابلیت اعتماد این رویکرد به اندازه‌گیری اقتصاد زیرزمینی را بشدت محدود کند.

از میان روشهای متعدد برای اندازه‌گیری اقتصاد زیرزمینی، روش مدل‌سازی متغیر نامشهود (MIMIC) جدیدترین روش محسوب می‌گردد. یک مدل MIMIC (چند شاخص، چند علت) یک مدل اقتصاد سنجی ساختاری است که اندازه اقتصاد زیرزمینی را یک متغیر نامشهود (مشاهده نشده) تلقی می‌کند. این متغیر نامشهود از یک طرف به مجموعه‌ای از "شاخصهای قابل مشاهده" که نشان دهنده تغییرات اقتصاد زیرزمینی است مربوط می‌گردد و از طرف دیگر، به مجموعه‌ای از متغیرهای علی (مشاهده شده) مربوط می‌گردد که معتقدیم نیروی اصلی پیش راننده فعالیت‌های اصلی زیرزمینی است. روش استفاده از نهاده فیزیکی (الکتریسته) بدین صورت است که با استفاده از داده‌های مصرف کل الکتریسته برای مقایسه فعالیت غیررسمی در هر کشور استفاده می‌شود. این روش مبتنی بر این فرض است که هر فعالیت اقتصادی اعم از رسمی و غیررسمی از نهاده انرژی، خصوصاً الکتریسته استفاده می‌کند. در این روش براساس یافته‌های تجربی فرض می‌شود که کشش کوتاه‌مدت الکتریسته به تولید ناخالص داخلی یک می‌باشد؛ لذا از اختلاف بین تولید ناخالص کل و اندازه‌گیری شده، اندازه اقتصاد

پنهان برآورد می‌شود. اشنایدر و انست (۲۰۰۱، ۱۹۹۷) و کافمن و جانسون (۲۰۰۰) بر این اساس حجم اقتصاد زیرزمینی را برای کشورهای اروپای شرقی و آمریکای لاتین گزارش نمودند. این رویکرد با محدودیت‌هایی مواجه است؛ از جمله اینکه ممکن است برخی از فعالیت‌های زیرزمینی از الکتریسته استفاده نکنند و از سایر جایگزین‌های انرژی مثل ذغال سنگ، سوخت‌های فسیلی استفاده کنند.

اندازه‌گیری اقتصاد زیرزمینی در ایران سابقه چندانی ندارد. اولین تلاش در این موضوع به فیروزه خلعت‌بری (۱۳۶۹) باز می‌گردد. روش خلعت‌بری توسط معاونت بررسی‌های استراتژیک نهاد ریاست جمهوری (۱۳۷۶)، کورش طاهر فر (۱۳۷۶)، احمدرضا باقری گرمارودی (۱۳۷۷)، حمیدرضا اشرف‌زاده (۱۳۷۸) دنبال گردیده است. وجه مشترک همه این مطالعات استفاده از روش پولی است. عرب مازار (۱۳۷۹) با روش MIMIC اقدام به برآورد اقتصاد سیاه و تحلیل آن پرداخته است. خلاصه نتایج مطالعات فوق در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول (۱) - خلاصه نتایج مطالعات انجام شده در مورد حجم اقتصاد زیرزمینی

در ایران

پژوهشگر	دوره مورد بررسی	روش برآورد	میانگین برآورد اقتصاد زیرزمینی در صدی از GDP
خلعت‌بری (۱۹۹۴ الف)	۱۳۴۰-۷۳	نسبت نقد (سال پایه ۴۹)	۶
خلعت‌بری (۱۹۹۴ الف)	۱۳۴۰-۷۳	نسبت نقد (سال پایه ۵۶-۵۵)	۷
خلعت‌بری (۱۹۹۴ الف)	۱۳۴۰-۷۳	نسبت نقد (سال پایه ۴۹) تعدیل شده	۷
خلعت‌بری (۱۹۹۴ الف)	۱۳۴۰-۷۳	نسبت نقد (سال پایه ۴۹)	۹
معاونت بررسی‌های استراتژیک (۱۳۷۶)	۱۳۴۰-۷۱	نسبت نقد (سال پایه ۵۲-۵۳)	۷
معاونت بررسی‌های استراتژیک (۱۳۷۶)	۱۳۴۰-۷۱	نسبت نقد (سال پایه ۵۶-۵۵)	۸
معاونت بررسی‌های استراتژیک (۱۳۷۶)	۱۳۵۸-۷۱	تخمین تقاضای پول - ۱	۳۷
معاونت بررسی‌های استراتژیک (۱۳۷۶)	۱۳۵۸-۷۱	تخمین تقاضای پول - ۲	۸۶
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	تخمین تقاضای پول - ۱	۲۳
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	تخمین تقاضای پول - ۲	۲۰

ادامه جدول (۱)

پژوهشگر	دوره مورد بررسی	روش برآورد	میانگین برآورد اقتصاد زیرزمینی درصدی از GDP
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	تخمین تقاضای پول - ۳	۱۸
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	نسبت نقد (سال پایه ۵۶) - ۱	۳۶
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	نسبت نقد (سال پایه ۵۶) - ۲	۳۴
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	نسبت نقد (سال پایه ۵۶) - ۳	۳۳
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	تخمین تقاضای پول	۲۳
طاهر فر (۱۳۷۶)	۱۳۵۷-۷۴	تخمین تقاضای پول	۱۲
عرب مازار (۱۳۷۹)	۱۳۴۷-۷۷	مدل MIMIC	۱۱

۳- زمینیه اصلی

۳-۱- زمینیه تاریخی

نظریه مجموعه فازی و منطق فازی

نظریه مجموعه و منطق فازی ابتدا در سال ۱۹۶۵ توسط "لطفی عسکرزاده" ریاضیدان ایرانی تبار و استاد دانشگاه "برکلی" آمریکا مطرح شد. این نظریه از زمان ارائه آن تاکنون، گسترش و تعمق زیادی یافته و کاربردهای گوناگونی در زمینه‌های مختلف علوم، خصوصاً کامپیوتر، تحلیل سیستمی، الکترونیک، برق و اخیراً در علوم اجتماعی و اقتصاد، پیدا کرده است. نظریه مجموعه‌های فازی نظریه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، چنانچه در عالم واقع اکثراً چنین است، صورتبندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد.

۲-۳- چند تعریف

مجموعه‌های فازی به «مفاهیم»^۱ و «متغیرهای زبانی»^۲ تقسیم می‌شود؛ برای مثال، «قیمت» یک مفهوم است و «قیمت نسبتاً پایین» یک متغیر زبانی است. یک مجموعه فازی از یک مجموعه منظم به یک مجموعه [۰ و ۱] نگاشت^۳ می‌کند. عضو یک مجموعه فازی، «غیرمنعطف»^۴ نیست. یک مثال از این نگاشت بدین قرار است: «قیمت یک کامپیوتر شخصی ۱۵ هزار دلار است این یکی از گرانبهاترین کامپیوترهایی است که من دیده‌ام و بنابراین قیمت آن را به نرخ میزان ۰/۹۸ قرار می‌دهم». عدد ۰/۹۸ درجه عضویت نام دارد و نباید این مقدار را با یک احتمال اشتباه گرفت؛ برای مثال، لزومی ندارد جمع درجات عضویت یک باشد. مثال منطق فازی به این نحو است: «اگر قیمت بالا باشد، تقاضا پائین خواهد بود» یا «اگر مالیات‌ها بالا باشد، فرار مالیاتی بالا خواهد بود». کاربرد گزاره‌های استقرائی به مفاهیم فازی مشکلاتی در بردارد؛ یعنی تمامی قوانین معمول نظریه مجموعه‌ها برآورده نمی‌شود؛ بویژه «قانون واسطه طرد»^۵ نقض می‌شود، بنابراین باید گروه متفاوتی از عملگرها را پذیرفت: برای مثال «ماکزیمم» جای «اجتماع» را می‌گیرد، «مینیموم» جای «اشتراک» را می‌گیرد و مکمل جای خود را به کسر از عدد ۱ می‌دهد، آنگاه قوانین جابجاپذیری، شرکت‌پذیری، توزیع‌پذیری، خودتوانی، جذب، واسطه طرد، برگشت‌پذیری و قانون دمرگان برآورده خواهد شد؛ برای مثال، اگر $U = \{d, c, b, a\}$ و مجموعه‌های فازی A و B به صورت $A = \{.3/a, .6/c, .1/d\}$ و $B = \{0.1/a, .5/b, .7/c, .9/d\}$ ، $A \cap B = \{0.3/a, 0.5/b, 0.7/c, 1/d\}$ و $A \cup B = \{0.9/a, 0.5/b, 0.3/c, 0.1/d\}$ متشابهاً استفاده از مجموعه‌ها و منطق فازی در اقتصادسنجی حالتی جذاب است؛ مثلاً اغلب داده‌های ما به ناچار مبهم است، ممکن است دانش محدودی از ماهیت روابط میان متغیرها در اختیار

1- Concepts.

2- Linguistic Variables.

3- Map.

4- Crisp.

5- Law of the Excluded Middle.

داشته باشیم و ممکن است این روابط، روابط پیچیده ذاتاً غیرخطی باشد.

۳-۳- روش‌شناسی کلی

هدف مقاله مشخص کردن «ابعاد» اندازه اقتصاد زیرزمینی ایران در هر سال است. روش‌شناسی زیر به طور معمول استنتاجی نیست و از رویکرد رگرسیونی که از شاخص‌ها و علت‌ها استفاده می‌کند، متفاوت است. برای سادگی ما در کاربرد روش خود، تنها از دو متغیر علی استفاده می‌کنیم؛ یعنی متغیرهایی که بر مبنای نظریه اقتصادی و شواهد تجربی بین‌المللی گسترده معتقدیم عوامل اصلی تعیین‌کننده فعالیت‌های زیرزمینی می‌باشند. (برای مثال: به کارگاتا و گیلز (۱۹۹۸ و ۱۹۹۹) اشنايدر و انست (۱۹۹۸) گیلز و جانسون^۱ (۱۹۹۹) تراندل و اسنو^۲ (۱۹۹۹) به عنوان مرجع نگاه کنید). این متغیرها در ایران عبارتند از: نرخ مؤثر مالیاتی (نسبت کل مالیات به تولید ناخالص داخلی)، TR، و شاخصی از مقررات^۳ (REG).^۴ داده‌های مورد نیاز محاسبه می‌شوند و در ساخت میانگین‌های متحرک خاص در تحلیل ما مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب این دو متغیر (نهاده‌ای) تا حدودی ذهنی است و کارهای تحقیقاتی دیگری در حال انجام است که نتایج تغییر و تعدیل داده‌ها را پیدا کند. به هر حال در هر حالت انتظار همراهی مثبتی میان متغیرهای علی و اندازه اقتصاد زیرزمینی را در هر حالت انتظار داریم؛ یعنی به زبان فازی «اگر مالیات‌ها بالا و درجه مقررات در اقتصاد بالا باشد انتظار داریم که حجم اقتصاد زیرزمینی نیز بالا باشد».

نه تنها انتخاب متغیرهای علی ذهنی است، بلکه مشخص کردن مرزهای مجموعه‌های فازی نیز ذهنی خواهد بود؛ مثلاً اینکه در چه نقطه‌ای مالیات‌ها از

1- Johnson.

2- Trandel & Snow.

3- Regulation.

۴- شاخص مقررات براساس مجموعه‌ای از متغیرها، از جمله اندازه دولت، بنگاههای دولتی، کنترل‌های قیمتی، تورم، بازار سیاه برای ارز حقوق مالکیت بخش خصوصی، مقررات و محدودیت‌های غیرتعارف‌ای، اندازه بخش تجارت با استفاده از روش فازی ساخته شده است که شرح آن در مقاله دیگر از همین نویسنده آمده است.

«متوسط» به «بالا» تغییر می‌کنند و در چه سطحی درجه مقررات از «پائین» به «خیلی پائین» تغییر می‌کند و نظایر این موارد. در نتیجه لازم است آزمون‌های حساسیت صورت گیرد تا استحکام نتایج در مقابل این انتخاب‌ها یا انتخاب‌های دیگر معین گردد. با این حال مهم است توجه کنیم که لزومی ندارد چیزی درباره فرم تابعی رابطه فرضی میان مالیاتها و درجه مقررات از یک طرف و اندازه اقتصاد زیرزمینی از طرف دیگر فرض کنیم؛ بنابراین در رویکرد پایه‌ای که ما انتخاب می‌کنیم، ابتدا مجموعه‌های فازی را که با مقادیر دو متغیر علی همراه است مشخص می‌کنیم؛ آنگاه برای هر متغیر در هر سال مقادیر همراهی را به سطوح ذهنی منتسب و سپس قواعد تصمیم‌گیری را برای تعیین سطحی برای شاخص اقتصاد زیرزمینی با استفاده از عمل‌گرهای فازی مورد استفاده قرار می‌دهیم. جزئیات این رویه در بخش بعدی ارائه شده است.

۴- جزئیات تحلیلی

۴-۱- نقاط شکست داده‌ها و سطوح همراهی^۱

چندین راه ممکن برای ایجاد یک مقدار «پایه»^۲ وجود دارد تا با آن منظورمان از «بالا»، «پایین» و غیره را مشخص کنیم. در اینجا ما یک مقدار میانگین متحرک برای هر TR و هر REG مورد استفاده قرار می‌دهیم. برای اینکه اثر چرخه‌های احتمالی (ادوار تجاری) از داده‌ها خارج کنیم، از میانگین متحرک استفاده می‌کنیم. داده‌ها را براساس میانگین متحرک ۶ ساله محاسبه می‌کنیم، چون می‌خواهیم معیاری از اقتصاد زیرزمینی برای دوره ۱۳۴۳ تا ۱۳۷۸ داشته باشیم، این کار از سال ۱۳۳۸ شروع می‌شود. برای هر سری و برای هر سال متوسط مقدار گذشته داده‌ها، مقدار «نرمال» را به دست می‌دهد. بنابراین در سال ۱۳۷۸ این مقدار برابر است با متوسط داده‌ها از ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۸.

پس از آنکه مقادیر نرمال برای هر TR و REG در هر سال از ۱۳۴۳ تا ۱۳۷۸ معین شد، سطوح همراهی کمی اندازه‌ها را محاسبه می‌کنیم. این کار را با محاسبه یک یا دو

1- Break-Point.

2- Bench.

انحراف معیار نمونه حول و حوش مقدار نرمال در هر دوره انجام می‌دهیم.

تولید ناخالص داخلی/مالیات = نرخ مؤثر مالیات TR:

بسیار بالا	بالا	نرمال (معمولی)	پائین	خیلی پائین
EX	H	N	L	VL
+2SD	+1SD	میانگین	-1SD	-2SD

شاخص = سطح مقررات REG:

بسیار بالا	بالا	نرمال (معمولی)	پائین	خیلی پائین
EX	H	N	L	VL
+2SD	+1SD	میانگین	-1SD	-2SD

به این ترتیب دو مجموعه هر کدام با ۵ عدد که مربوط به TR و REG است برای هر سال مورد بحث ایجاد می‌شود. اما این دو مجموعه را در ادامه بحث، نقاط شکست می‌نامیم؛ برای مثال، در سال ۱۳۷۵ نقاط شکست برای TR عبارتند از: ۰/۱۶۹۷۳۷۳۰۱، ۰/۶۴۹۷۳۷۳۰۱، ۰/۵۷۰۲۰۱۹۸، ۰/۴۹۰۶۶۶۶، ۰/۴۱۱۱۳۱۳۴۹۵ و ۰/۳۳۱۵۹۶۰۳۲۳. مقداری که در گیومه نشان داده‌ایم، یعنی ۰/۴۹۰۶۶۶۶، میانگین TR در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ است؛ به همین ترتیب مقدار ۰/۳۳۱۵۹۶۰۳۲۳ عبارت است از میانگین فوق‌منهای دو، زمان انحراف معیار در این نمونه (متحرک) خاص است.

سپس مقادیر داده‌ها را با رده‌های اندازه‌ها مرتبط می‌سازیم؛ برای مثال داده‌های فوق برای سال ۱۳۷۵ را در نظر بگیرید، مقدار واقعی داده‌ها برای TR در این سال برابر است با ۵/۲۸ که آن را جایی میان «معمولی» و «بالا» در آن سال قرار می‌دهد. منطق فازی یا «چند ارزشی» از مجموعه‌های منعطف که اعضاء آن به وسیله سطوح یا درجات همراهی، نه به وسیله وضعیت «عضویت همه یا هیچ»، تعریف می‌شوند؛ بنابراین یک مقدار TR یا REG می‌تواند با بیش از یک مجموعه (یا در مثال ما سطح نسبی مقادیر) همراه گردد.

در مثال فوق، مقدار TR در سال ۱۳۷۵ هم «معمولی» است و هم «بالا»، اما اینکه چگونگی «معمولی» و «بالا» است به محل آن نسبت به نقاط شکست مورد بحث

قرار می‌گردد. در منطق فازی برقراری سطوح همراهی بوسیله «توابع عضویت» انجام می‌پذیرد، این توابع عضویت می‌تواند براساس باورهای قبلی اشکال مختلفی داشته باشند؛ بنابراین عناصر دیگری از ذهنی بودن در تحلیل وارد می‌شود. در اینجا معیار خطی ساده یا معیار فاصله برای نسبت دادن سطوح همراهی استفاده می‌کنیم؛ برای مثال مقدار TR در ۱۳۷۵ بیشتر به معمولی نزدیک است تا بالا، و انتسابی هارمونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، وزن‌ها به طور معکوس به فاصله مرتبط می‌گردد. این کار از طریق تابع عضویت (انحراف معیار/ $W_i = X_j - X^{\wedge}$, $i=1,2$) صورت می‌گیرد که در آن W_i تابع عضویت فازی برای سطح همراهی اول و X_j سطح همراهی دوم است که مقدار واقعی متغیر X^{\wedge} مورد بررسی، بین این دو قرار می‌گیرد.

VL	L	N	H	EX
./.....	./.....	./۵۳۰۶۰۶۷۹	./۴۶۹۳۹۳۲	./.....

تابع عضویت فازی، از نوعی که در اینجا استفاده کردیم، مشاهدات را حداکثر به دو سطح مقدار منتسب می‌کند که مجموع وزن‌های آن برابر یک است. به مشاهدات حدی EX که پائین‌ترین نقطه شکست یا بالاترین نقطه شکست قرار می‌گیرند، مقدار حدی همراهی برابر با سطح مرز خارجی مربوطه منتسب می‌گردد. مقدار یک که با هر سطح ویژه‌ای منتسب گردد، نشان دهنده عضویت کامل است؛ در حالی که مقدار صفر عدم عضویت محض را نشان می‌دهد.

۴-۲- سطوح همراهی و قواعد تصمیم^۱

سپس، قواعد تصمیم‌گیری را به وجود می‌آوریم که معین می‌کند چگونه سطوح ویژه همراهی برای هر TR و REG با یکدیگر ترکیب می‌شود تا سطوح همراهی برای اقتصاد زیرزمینی ایجاد گردد. این قواعد بنا به ضرورت دلخواهانه است، اما روشی که با آن منتسب می‌کنیم را می‌توان در جدول زیر مشاهده کرد.

قواعد	REG	TR	اقتصاد زیرزمینی	درجه
۱	E	E	VB	۱
۲	E	H	VB	۰/۸
۳	E	N	S	۱
۴	E	L	S	۰/۸
۵	E	VL	A	۰/۸
۶	H	E	VB	۱
۷	H	H	B	۱
۸	H	N	B	۰/۸
۹	H	L	A	۱
۱۰	H	VL	S	۱
۱۱	N	E	B	۱
۱۲	N	H	B	۰/۸
۱۳	N	N	A	۱
۱۴	N	L	S	۰/۸
۱۵	N	VL	S	۱
۱۶	L	E	B	۱
۱۷	L	H	A	۱
۱۸	L	N	S	۰/۸
۱۹	L	L	S	۱
۲۰	L	VL	VS	۱
۲۱	VL	E	A	۰/۸
۲۲	VL	H	S	۰/۸
۲۳	VL	N	S	۱
۲۴	VL	L	VS	۰/۸
۲۵	VL	VL	VS	۱

E = خیلی بالا، H = بالا، N = نرمال (معمولی)، L = پائین، VL = خیلی پائین
 VB = خیلی بزرگ، B = بزرگ، A = متوسط، S = کوچک، VS = خیلی کوچک

جدول فوق با استفاده از ملاک‌های ساده تصمیم‌گیری «اگر - آنگاه» تفسیر می‌شود؛ برای مثال، در سال ۱۳۷۵، TR با «معمولی» و با «بالا» منتسب شده است، بنابراین با استفاده از قواعد ۱۲ فوق می‌گوئیم اقتصاد زیرزمینی «بزرگ» است. ساخت قواعد در جدول تا حدودی اختیاری است. قواعد پایه (۱، ۷، ۱۳، ۱۹، ۲۵) را می‌توان به طور مستقیم منتسب کرد و سپس از روش لیندستروم^۱ (۱۹۸۷) برای منتسب کردن بقیه به طور متقارن استفاده شده است.

ستون درجه در جدول فوق، درجه کمی شدن همراهی برای سری اقتصاد زیرزمینی را به دست می‌دهد؛ برای مثال، با استفاده مثال ۱۳۷۵، قاعده ۱۲ اقتصاد زیرزمینی را با بزرگ متوسط با ۰/۸ منتسب می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که اقتصاد زیرزمینی در آن سال به طور کامل با «بزرگ» منتسب نشده است، بلکه به میزان ۰/۸ منتسب شده است. مجدداً در انتساب این درجه نیز قضاوتی رفتار کرده‌ایم.

۳-۴- استخراج سری اقتصاد زیرزمینی

آخرین مرحله از تحلیل، شامل استخراج سریهای عددی برای اقتصاد زیرزمینی است. این کار با منتسب ساختن مقادیر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ به سطح بسیار کوچک، کوچک، متوسط، بزرگ و بسیار بزرگ برای اقتصاد زیرزمینی صورت گرفته است که اینجا به وسیله سطوح ذیربط همراهی وزن دار شده‌اند. به خاطر آورید که برای هر مشاهده TR و REG، حداکثر ۲ مقدار همراهی وجود دارد؛ بنابراین حداکثر $2 \times 2 = 4$ قاعده تصمیم‌گیری برای هر مقدار اقتصاد زیرزمینی که ایجاد می‌شود، فعال خواهد بود. در اینجا عملگرهای فازی «max و min» به جای عملگرهای معمولی «AND» و «OR» عمل می‌کنند؛ بنابراین در ۱۳۷۵ مقادیر انتسابی برای ۴ سطح متفاوت از اندازه‌ها به قرار زیر است.

TR	«نرمال»	«بالا»
	۰/۵۳۰۶۰۶۷۹۸	۰/۴۶۹۳۹۳۲
REG	«پایین»	«بالا»
	۰/۱۷۹۰۱۰	۰/۸۲۰۹۸۹۸۶

برای سال ۱۳۷۵، ۴ سطح اندازه وجود دارد که ۴ ترکیب ممکن را در موارد زیر تشکیل می‌دهد:

TR/REG	قاعده	سطح اقتصاد زیرزمینی	همراهی اقتصاد زیرزمینی
	تصمیم‌گیری	$\min(\text{TR}, \text{REG})$	(max مقدار برای هر سطح)
۱-N/L	۱۸	$S: 0.18 \times 0.179010 = 0.1432208$	
۲-N/N	۱۳	$A: 1 \times 0.1530606798 = 0.1530606798$	
۳-H/L	۱۷	$A: 1 \times 0.179010 = 0.179010$	خارج می‌شود
۴-H/N	۱۲	$B: 1 \times 0.4693932 = 0.4693932$	

از قواعد تصمیم‌گیری مندرج در جدول قبلی، هر ترکیبی از سطح TR و REG با یک سطح اندازه برای اقتصاد زیرزمینی همراه با یک درجه (VS خیلی کوچک، S کوچک، A متوسط، B بزرگ، VB خیلی بزرگ) منتسب می‌گردد. نخستین ترکیب در این مثال یعنی ترکیب ۱ برای TR معمولی و برای REG پایین را منتسب می‌کند تا سطح کوچک با درجه ۰/۸ برای سری اقتصاد زیرزمینی به دست آید. سطح معمولی برای TR ۰/۵۳۰۶۰۷۹۸ و سطح پایین برای REG ۰/۱۷۹۰۱، استفاده از عملگر «AND» (min) به انتخاب مقدار کمتر ۰/۱۷۹۰۱ منجر می‌شود تا در مقدار درجه برای سطح اقتصاد زیرزمینی (که در اینجا ۰/۸ است) ضرب شود.

ستون سوم تحت عنوان درجه یا سطح اقتصاد زیرزمینی محاسبات را تا این نقطه نشان می‌دهد. این سطوح نشان می‌دهند که سطح «کوچک» S به اقتصاد زیرزمینی با درجه ۰/۸ منتسب می‌گردد، این درجه در TR، «معمولی» یا REG «پایین» که در اینجا برابر با ۱۷۹۰۱ است، ضرب می‌شود.

آخرین ستون استفاده از عملگر (max) OR فازی را در بر دارد. برای سال ۱۳۷۵، قواعد تصمیم‌گیری ۱۷ و ۱۳ فعال می‌شود که هر دو به سطح A (متوسط) منجر می‌گردد و این سؤال را پیش می‌آورد که کدام متوسط باید انتخاب گردد؛ زیرا هر دو نمی‌توانند در آن واحد صحیح باشند. عملگر OR که در اینجا به کار می‌رود، مقدار بزرگتر ۰/۵۳۰۶۰۶۷۹۸ را برمی‌گزیند (و بنابراین مقدار ۰/۱۷۹۰۱ را نادیده می‌گیریم).

وظیفه آخر، منسب کردن مقادیر برای سطوح اقتصاد زیرزمینی است. به یاد آورید که این مقادیر $0/۲۵$ و $0/۷۵$ و ۱ بودند که به ترتیب با سطوح بسیار کوچک، کوچک، متوسط، بزرگ و بسیار بزرگ برای اقتصاد زیرزمینی منسب شدند. مجدد با مثال ۱۳۷۵ به طریق زیر عمل می‌کنیم:

سطح	ارزش	وزن
S	$0/۱۴۳۲۰۸$	$0/۲۵$
A	$0/۵۳۰۶۰۶۷۹۸$	$0/۵$
B	$0/۴۶۹۳۹۳۲$	$0/۷۵$

$$\frac{0/۱۴۳۲۰۸ \times 0/۲۵ + 0/۵۳۰۶۰۶۷۹۸ \times 0/۵ + 0/۴۶۹۳۹۳۲ \times 0/۷۵}{(0/۱۴۳۲۰۸ \times 0/۲۵) + (0/۵۳۰۶۰۶۷۹۸ \times 0/۵) + (0/۴۶۹۳۹۳۲ \times 0/۷۵)} = 0/۵۶$$

برای اینکه شاخص مقدار اقتصاد زیرزمینی در فاصله $[۱ و ۰]$ قرار گیرد، مجموع وزنها (یعنی مقادیر انتسابی) باید برابر یک باشد که این کار از طریق تقسیم آنها به مجموع ارزشها انجام می‌گیرد. شاخص مقدار اقتصاد زیرزمینی $0/۵۶$ را نشان می‌دهد؛ یعنی برای سال ۱۳۷۵ در ایران تمایل کارگزاران به زیرزمینی عمل کردن بالاتر از حد طبیعی بوده است؛ به عبارت دیگر، عاملان اقتصادی، تمایل کمتری داشته‌اند تا آشکارا و روی صحنه فعالیت اقتصادی نمایند.

۵- نتایج نهایی

شاخص مقادیر به دست آمده برای هر سال را تراز کرده‌ایم تا سری اقتصاد زیرزمینی با آنچه که سایر تحقیقات گذشته در ایران ایجاد کرده است قابل مقایسه باشد. عرب مازار (۱۳۷۹) از مدل MIMIC استفاده کرده و شاخص به دست آمده را به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی گزارش نموده است. دو سری زمانی متفاوت اقتصاد زیرزمینی ایران در نمودار (۱) رسم شده است. البته سری‌های واقعی مقادیر اقتصاد زیرزمینی ناشناخته‌اند بنابراین نمی‌توانیم بگوئیم کدامیک از این دو سری دقیقتر است. همچنین ما استحکام سریهای فازی اقتصاد زیرزمینی را در مقابل تغییرات فرضهای

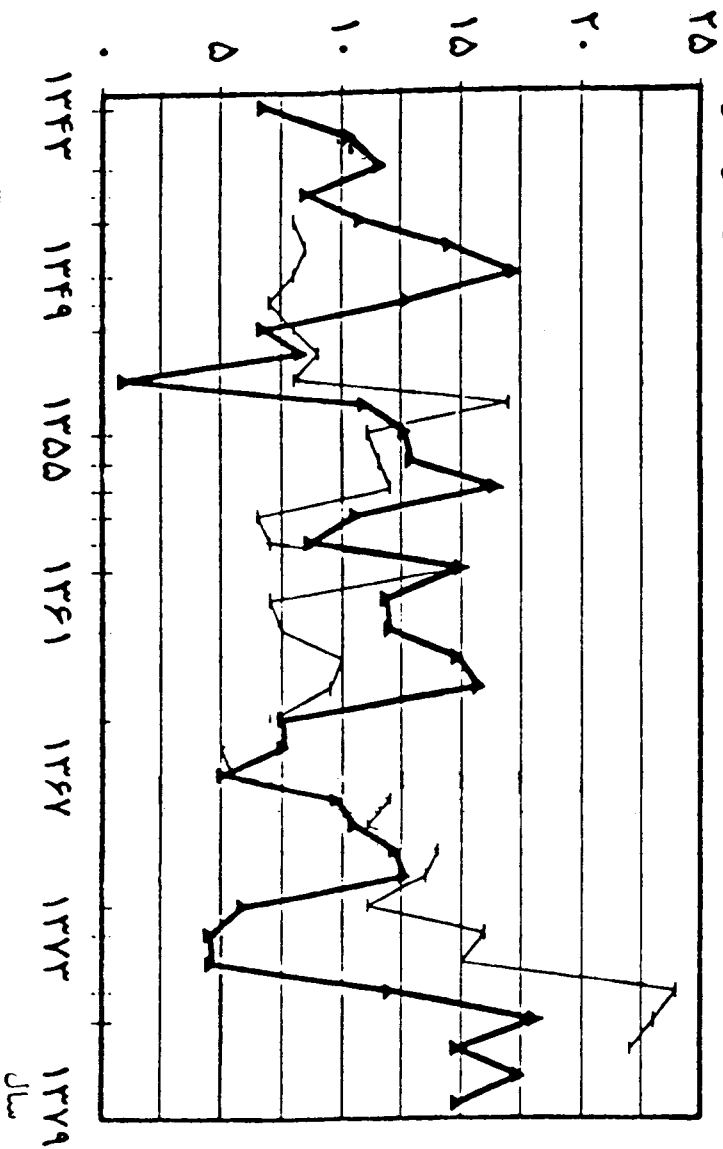
متعدد ذهنی که در ساخت آنها به کار برده‌ایم، بررسی کرده‌ایم و مشخص شد که نتایج کاملاً نسبت به انتخاب درجات قاعده تصمیم غیرحساس است. همچنین آن را در مقابل استفاده از میانگین یا میانه به عنوان پایه برای نقاط شکست، نسبت به تعداد انحراف معیارهای استفاده شده برای این پایه بررسی کرده‌ایم.

البته برای کامل کردن رویه‌های مطرح شده در این مقاله، باید کارهای زیادی صورت گیرد؛ با این حال نتایج مقدماتی گزارش شده در این مقاله کاملاً دلگرم کننده است و به نظر نمی‌رسد نسبت به قضاوت‌های ذهنی قبلی متفاوت که در کاربرد این متدلوژی اتخاذ کرده‌ایم، حساس باشد.

اندازه اقتصاد زیرزمینی مشاهده‌پذیر نیست؛ اما برای سیاستگذاران مهم است که معیارهای قابل اعتمادی از «اندازه»، روند و خصوصیات چرخه‌ای آن داشته باشند. تجدید علاقه سیاستگذاران در کشورهای پیشرفته در سالهای اخیر، کشف روشهای بدیل برای اندازه‌گیری اقتصاد زیرزمینی در سطح بین‌المللی را ضروری ساخته است. استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی و منطق فازی در این زمینه نوآورانه است و منجمله می‌تواند سایر معیارهای موجود را ارزیابی کند. برای گسترش این تحلیل به طرق گوناگون، بویژه مجموعه جامعتری که متغیرهای علی را در برگیرد و توابع عضویت را مورد بررسی قرار دهد، تلاش‌هایی در دست انجام است. سرانجام می‌توان با استفاده از همین نوع تحلیل سایر متغیرهای اقتصادی مورد توجه، اما ذاتاً مشاهده‌ناپذیر را اندازه‌گیری کرد؛ به عنوان مثال می‌توان از استفاده از ظرفیت و انتظارات و سایر انتظارات نام برد.

نمودار (۱) - روند اقتصاد زیرزمینی ایران (مقایسه مدل فازی و MIMIC) ۱۳۳۸-۱۳۷۹

درصدی از تولید ناخالص داخلی رسمی



— Fuzzy Model — Mimic Model

فهرست منابع

- ۱- ارقامی، ناصر رضا؛ **مروری بر رگرسیون‌های فازی**؛ گزارش سمینار مجموعه‌های مشکک و کاربرد آن؛ دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۲.
- ۲- اشرف‌زاده، حمیدرضا؛ **تخمین حجم اقتصاد زیرزمینی**، مجموعه مقالات سمینار قاجاق؛ دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
- ۳- باقری گرمارودی؛ **اقتصاد زیرزمینی، تخمین و آثار آن بر کسری بودجه و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی طی سالهای ۱۳۷۴-۱۳۵۰**؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۷.
- ۴- جواهردستی، رضا؛ **"دیدگاهی نو درباره قابلیت منطق فازی"**، تدبیر؛ آذرماه ۱۳۷۵، ش ۶۸، صص. ۲۶-۲۴.
- ۵- خلعت‌بری، فیروزه؛ **"اقتصاد زیرزمینی"**، **مجله رونق**؛ سال اول، ش ۱ و ۲.
- ۶- صیامی نمینی، سیما؛ **"ارزیابی نظام مالیاتی کشور با تأکید بر بخش صنعت"**، **اطلاعات سیاسی اقتصادی**؛ ۱۳۷۹، صص. ۱۵۴-۱۵۳.
- ۷- سازمان برنامه و بودجه؛ **آمار سری زمانی اقتصادی، اجتماعی تا سال ۱۳۷۵**؛ مرکز مدارک اجتماعی اقتصادی، ۱۳۷۶.
- ۸- طاهری، سیدمحمود؛ **آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی**؛ جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۸.
- ۹- طاهرفر، کوروش، **نقش فعالیتهای زیرزمینی در ایران با تأکید بر انگیزه فرار مالیاتی**؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.
- ۱۰- عادل، آذر؛ **"سیستمهای هوشمند اطلاعاتی مدیریت: رویکرد فازی - عصبی"**، **مجله مدرس**؛ دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۷.
- ۱۱- کاسکو؛ **تفکر فازی**؛ ترجمه دکتر علی غفاری؛ تهران: دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۷.
- ۱۲- مرکز آمار ایران؛ **سالنامه‌های آماری سالهای مختلف**؛ تهران: مرکز آمار ایران.
- ۱۳- نیلی، مسعود؛ **اقتصاد ایران**؛ مؤسسه عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۶.

- 14- Carogata, P.J. and D.E.A.Giles; "Smulating the Relationship Between the Hidden Economy and the Tax Level and Tax Mix in Newzeland", **Economtrics working paper**; Ewp 9804. Departemant of Economics university of victoria, canada.
- 15- Giles, David E.A.& Draeseke Robert; **A Fuzzy Logic Approach to Modelling the Underground Economy, Forthcoming in Mathematics and Computers in Simulation-2000.**
- 16- Khalatbari, F.A; **Study About the Nature and Dimensions of the Shadow Economy in Islamic Republic of Iran**; Prepared for UNDP. 1994a.
- 17-; **Iran: A Uniq Underground Economy in the Economy of Islamic IRAN: Between State and Market**; ed. Coville, T;Tehran: Institute Francais de Recherche en Iran, 1994b.
- 18- Lindstrom, T.A; "Fuzzy Design of the Willingness to in Sweden", **Journal of Economic Behavior and Organization**; 36,1-17-1998.
- 19- Richardson, G; **The Strachre of Fuzzy Peferences: Social Choice Implication, Socialchoic and Welfar**, 159559.
- 20- Trandel, G, and Asnow; "Progressive Incom Taxation and the Underground Economy", **Economics Letters**, 62,217,222,1999.
- 21- zadeh,l,A; **Fuzzy Set and Applacations Selected Paper**; New Yourk: Wiley, 1987.
- 22-; **Fuzzy Sets, Information and Control**; pp. 338-553,1965.
- 23- Zimmerma,nn,H.j; **Fuzzy Set Theory and Application**; Boston: kluwer Academic Publishers, 1991.